

Final Report—Cree Lighting Confidential

Sphere Measurement

Test Number: [REDACTED]

Growth Number(s)/Substrate ID(s) [REDACTED]

Nominal Wavelength: 470 nm

Population Size: 1

Test Conditions: Large Sphere, 9V HS fan on

Package Features: Nine 2x2 Arrays on Submounts on ThermalTake HS; AgSn solder paste die onto submounts; Ag DA submounts to [REDACTED] Epoxy Domes loaded with 1.5% Phosphor Concentration

Package ID: [REDACTED]

Description: Attempt to build a 1000 Lumen Lamp

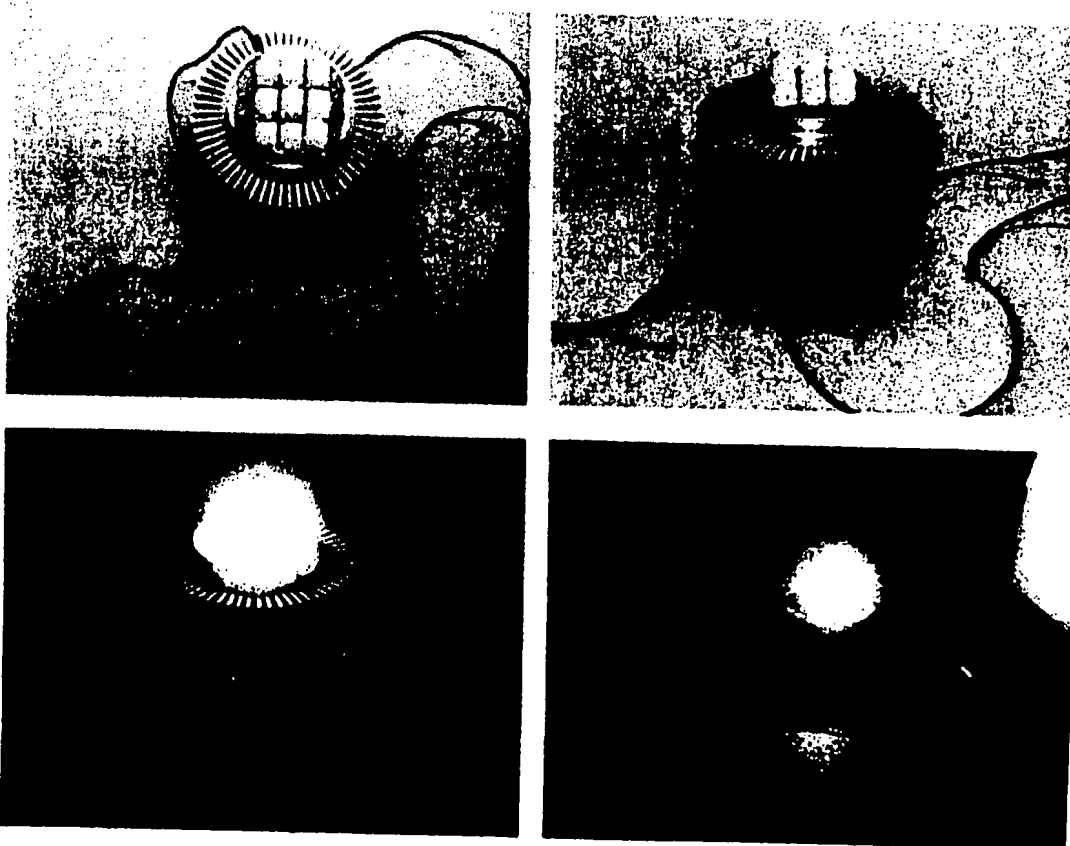


Figure 1: Pictures of the Lamp

Results:

Light Performance

The goal of 1000 lumen output was achieved at a current equivalent to 500 mA/die (total of 3 A). At 350 mA/die, the total lumen output of the lamp was 809 lumen, corresponding to a 22.5 lumen/die output. See figure 2 for Lumen vs. Current graphs.

Electrical Performance

For the sphere measurements, the device was powered by an external power supply. The V_i measurements came directly from the readout on the power supply. Both the voltage and the current that each device received were equivalent to one-sixth the total voltage and total current, respectively. See figure 2 for V_i vs. current graph.

Thermal Performance

The steady-state case temperature was measured on the package at each of the test currents. Ambient temperature of 22°C was measured when the device was off, and the temperature of the copper case plates reached a maximum of 72°C while running at 500 mA/die. The standard test current of 350 mA/die produced a temperature of 53°C. See figure 3 for the Steady State Case Temperature vs. Current graph.

Individual Lamp Data

The individual lamps were first measured before being mounted to the heat sink and ran together in test [REDACTED]. The sum of the data was about 14% lower than the luminous output of the entire lamp when all nine devices were running at once. At 350 mA, the individual lamps luminous output totaled 695 lumens, as compared with 809 lumens for the entire lamp. This is ~~most~~ likely due to the much more significant rise in temperature the individual lamps underwent. They were measured simply on the submount test fixture for the sphere with no fan, while the entire package was on the ThermalTake heat sink with a thermal tape adhesive interface and a 9-V fan. See figure 3 for the Sum of Individual vs. All 9 Simultaneously graph.

Notes

The package consisted of nine 2x2 arrays, for a total of 36 die. The packages were arranged such that there were three submounts in series within three parallel paths. A power supply was obtained to run the lamps at 25.4 V and 2.90 A, which is the power necessary for an output of 1000 lumen. A 9-Volt battery

was used to power the fan on the heat sink. The thermal resistance of one device on the heat sink was measured to be 4.8 °C/W. Assuming minimal thermal cross-talk, this corresponds to the entire 1000 lumen package running with a thermal resistance of 0.5 °C/W.

Summary & Conclusions

A 1000 lumen lamp has been designed using current package building procedures. A total of 36 die were used to obtain this goal, each outputting 28.7 lumen at 500 mA/die. The package began to heat up at the test current, so the HS fan was necessary to keep the devices within operating range. When running at 500 mA/die, the thermal tape adhesive used to connect the individual devices to the heat sink began to melt, so lower running power will be necessary to ensure proper contact of the devices to the heat sink.

Submitted: Mark Youmans
James Ibbetson

Figure 2. Charts from [REDACTED]

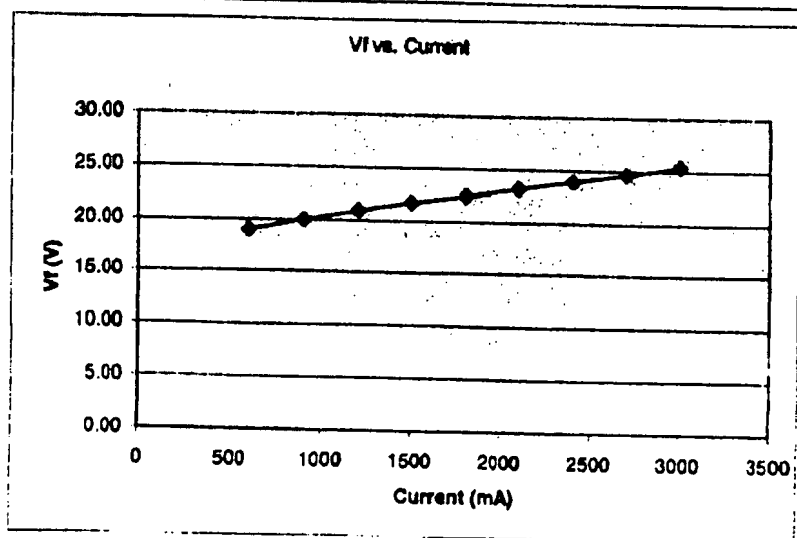
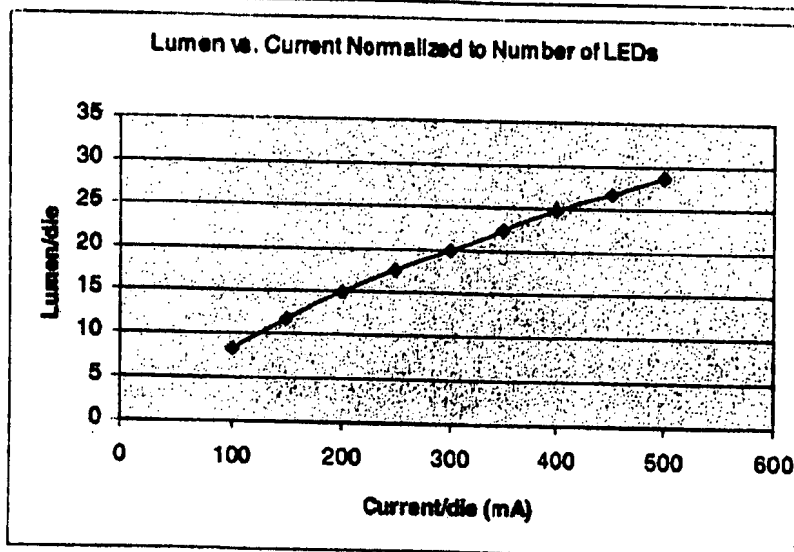
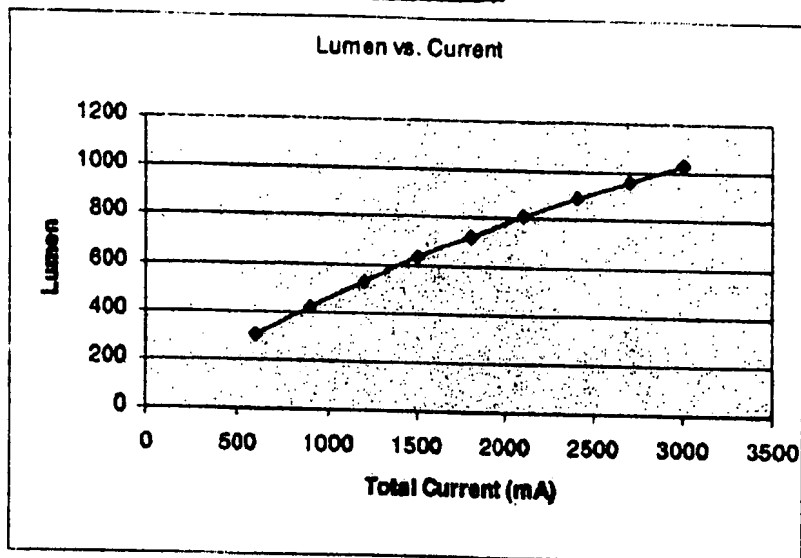
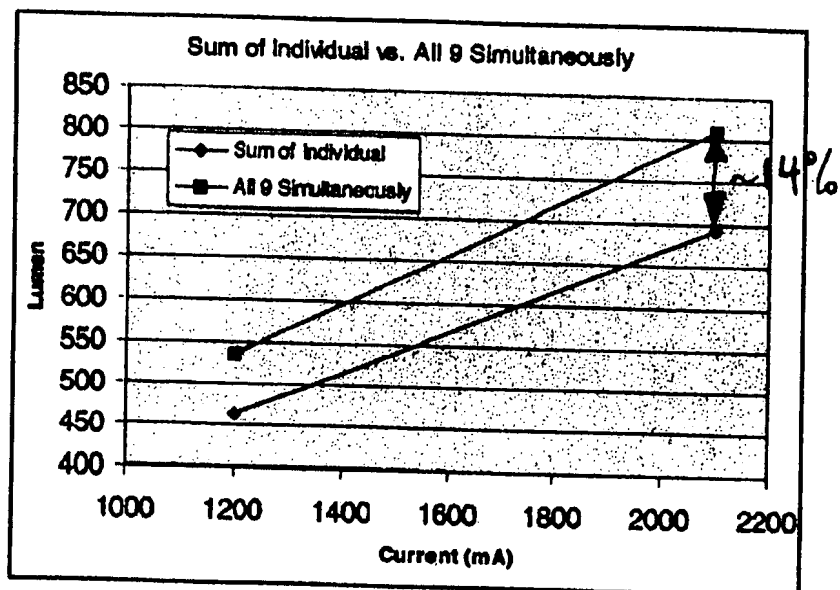
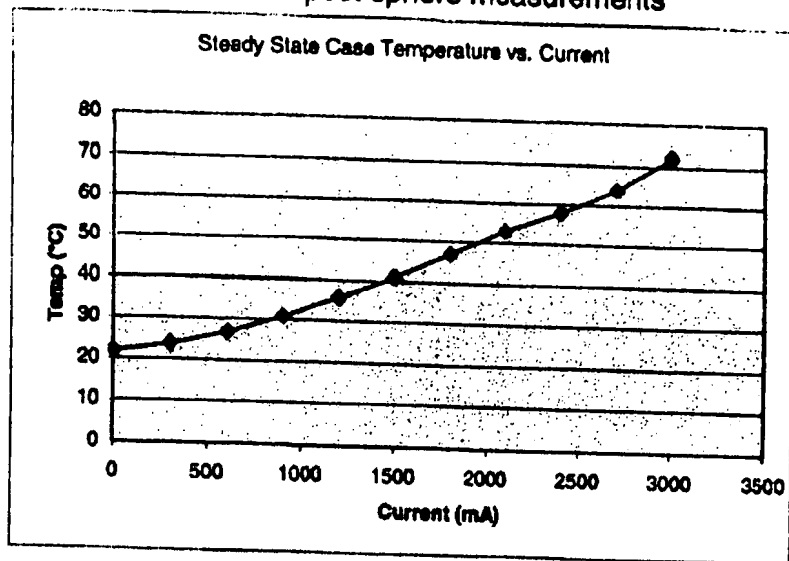
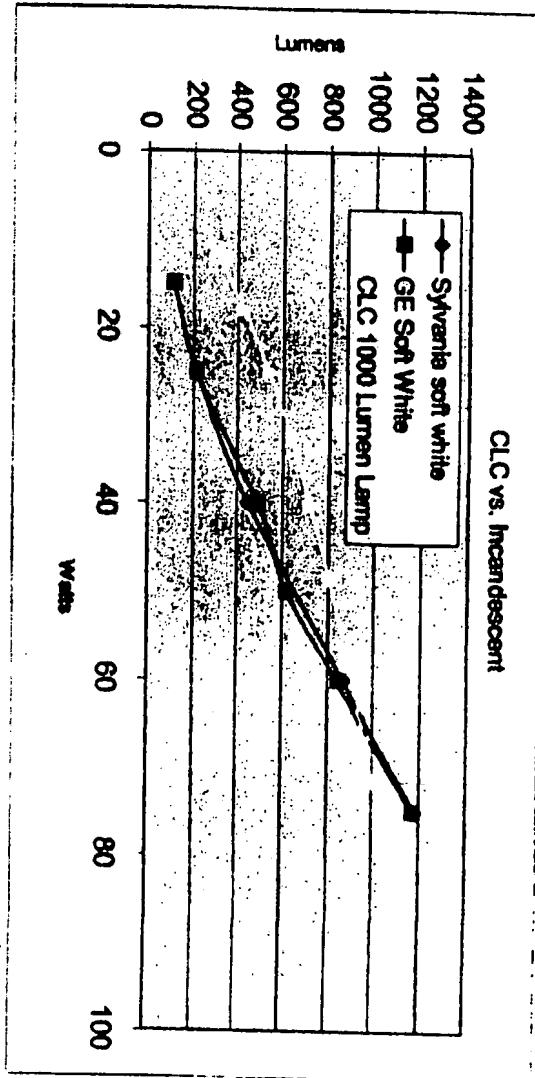


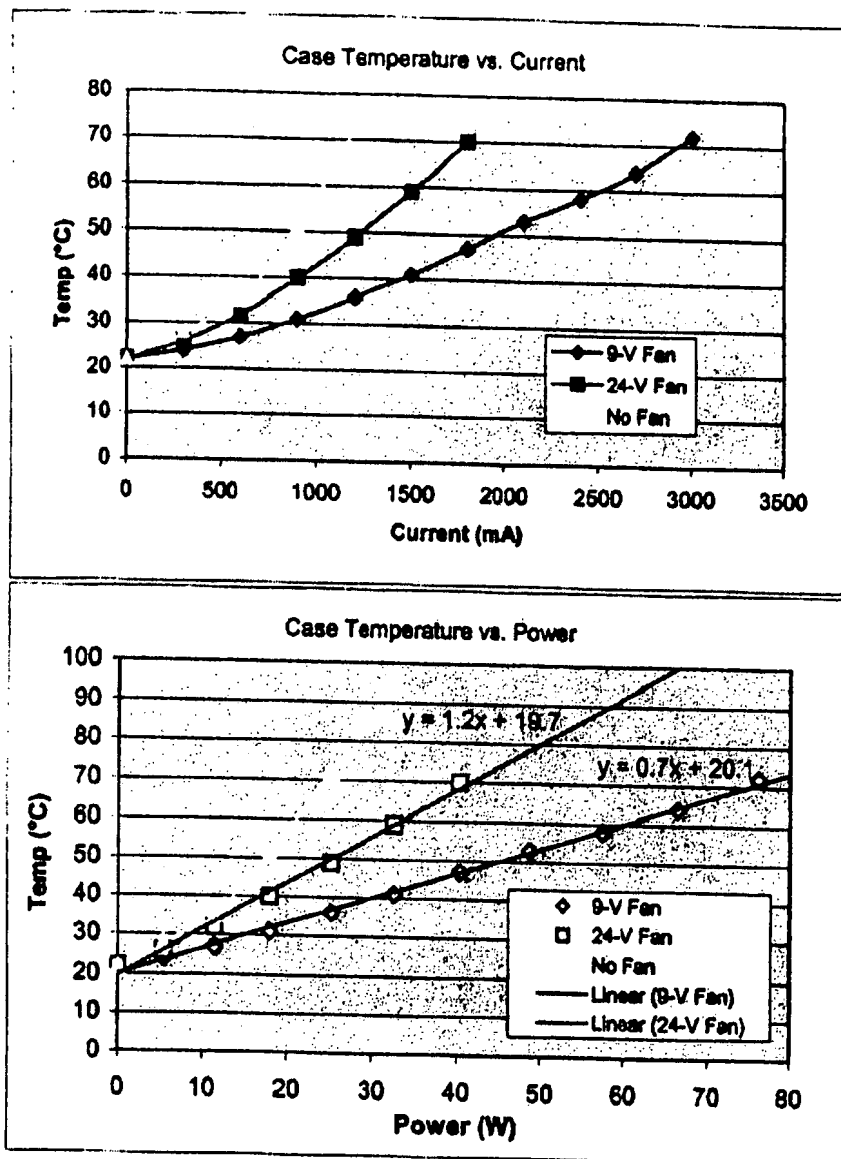
Figure 3. Charts from post-sphere measurements



Type	Watt	Lumen
Sylvania soft white	15	109
	25	210
	40	445
	60	870
	75	1180
GE Soft White	15	110
	25	210
	40	490
	50	615
	60	840
	75	1170
CLC 1000 Lumen Lamp	11.4	301.30
	18.0	424.57
	25.1	536.31
	32.6	635.40
	40.3	721.38
	48.7	808.61
	57.4	889.44
	68.4	962.36
	76.2	1033.63

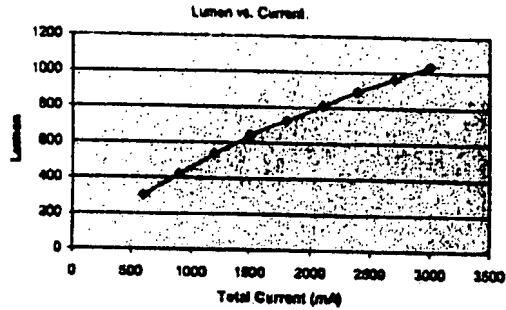
Source:
<http://members.aol.com/eleynet/lumen.htm#houseincand>
http://www.gelishina.com/na/downloads/02_inc.pdf





2x2 Arrays on Submounts on ThermalTake H8

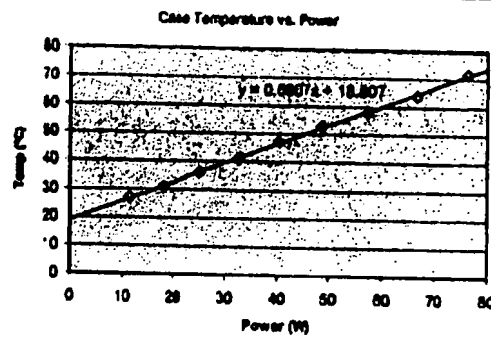
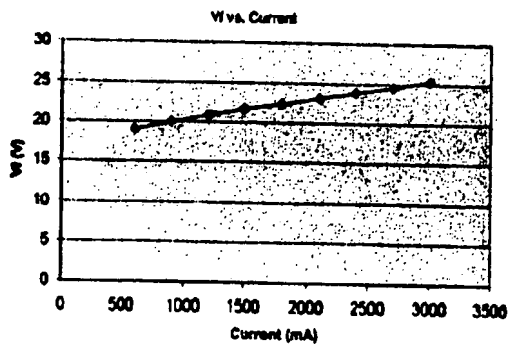
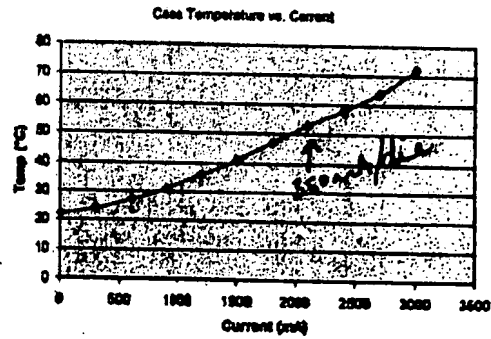
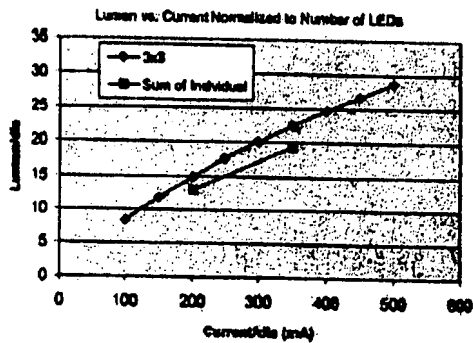
Device#	Ip	Im	ix	iy	Lum	Flux(uW)	Lum/W	CCF	Vf(V)	Lum/W	If(mA)	OE	W.P.(%)	Purity	CRI	FWHM	T °C
1	452.0	496.0	0.312	0.329	301.50	661928	313.2	6490	18.00	26.43	300						22
2	450.0	488.0	0.310	0.328	424.97	1361926	311.7	6680	20.00	23.59	600		56	6.44	7.52	76.1	24
3	450.0	486.0	0.310	0.323	536.31	1728604	310.6	6680	20.90	21.58	900		55	7.57	6.52	76.3	27
4	450.0	487.0	0.309	0.323	636.40	2054230	308.3	6630	21.70	19.52	1200		52	6.88	6.80	76.8	31
5	450.0	486.0	0.309	0.321	721.36	2343061	307.8	7000	22.40	17.66	1500		50	6.31	9.20	75.0	36
6	452.0	488.0	0.309	0.320	806.81	2636833	306.8	7000	23.20	16.60	1800		47	5.81	9.65	77.8	41
7	452.0	484.0	0.307	0.319	886.44	2904337	306.2	7000	23.90	15.51	2100		46	5.41	10.84	76.0	47
8	450.0	485.0	0.304	0.318	962.28	3180086	306.9	7000	24.60	14.46	2400		44	5.06	9.60	78.1	53
9	452.0	486.0	0.307	0.321	1033.63	3387784	305.1	7000	25.40	13.50	2700		42	4.74	11.28	75.9	64
10	452.0	486.0	0.307	0.321	1033.63	3387784	305.1	7000	25.40	13.50	3000		41	4.45	10.12	77.4	72



NOTE: Each chip receives 1/6 the total current

Per Die Characteristics

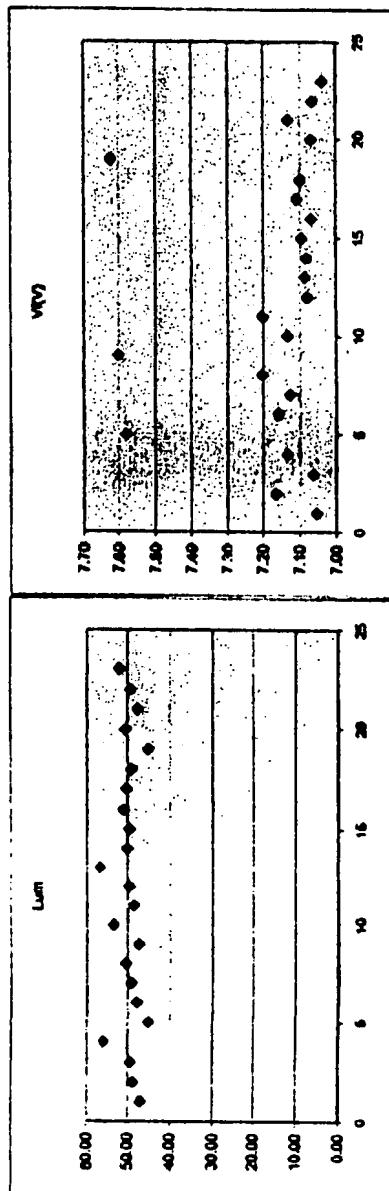
Power (mW)	Vf (V)	Im (mA)	ix (mA)	iy (mA)	Average of Individual Die (from [redacted])
11.4	100	3.17	8.37		
18.0	150	3.35	11.76		
25.1	200	3.48	14.80	13.0	3.56
32.8	250	3.63	17.60		
40.3	300	3.78	20.64		
48.7	350	3.87	23.40	18.3	4.02
57.4	400	3.98	24.71		
66.4	450	4.10	26.73		
76.2	500	4.22	28.71		



2x2 Array on Submounts Encapsulated

Device#	%	Id	Is	α	γ	Lum	Footcandle	Lum/W	QCT	VRV	VRV	Lum/W	I _{lim}	QE	W.P. (%)	Purity	CRI	log-SV	log-10V	FWHM	Rs
13	1.5	452.0	480.0	0.298	0.305	58.82	162380	285.4	7860	7.09	-20.83	20.04	400	17.53	6.79	14.4	78.5672	0.00	-0.29	22.0	2.97
4	1.5	452.0	480.0	0.298	0.305	55.86	167022	287.4	7860	7.13	-21.17	19.58	400	17.13	6.58	14.1	78.0289	0.00	-0.10	21.5	3.08
10	1.5	458.0	483.0	0.297	0.310	53.40	178944	297.3	7700	7.14	-31.97	18.71	400	18.52	8.28	14.2	80.737	0.00	-0.10	23.0	3.08
23	2.0	453.0	562.0	0.343	0.369	61.58	148845	349.3	8100	7.04	-15.98	18.47	400	13.59	5.20	20.0	75.5432	-0.01	-0.78	177.0	2.95
16	2.0	454.0	551.0	0.332	0.365	50.97	152082	335.1	8550	7.07	-31.75	18.02	400	13.92	5.38	8.9	78.6828	0.00	-0.09	158.5	3.01
20	2.0	458.0	563.0	0.345	0.386	50.80	146803	344.7	8100	7.07	-31.28	17.89	400	13.50	5.19	19.3	78.9788	0.00	-0.10	168.0	2.93
8	1.5	450.0	478.0	0.298	0.295	50.97	174308	290.1	8160	7.20	-31.28	17.55	400	15.81	8.05	16.2	78.2197	0.00	-0.09	21.0	3.10
17	2.0	458.0	563.0	0.348	0.400	50.41	142718	353.2	9100	7.11	-34.38	17.73	400	13.18	8.02	24.9	73.3237	0.00	-0.10	177.0	2.91
14	1.5	458.0	494.0	0.298	0.314	50.22	167942	299.0	7800	7.08	-30.58	17.72	400	15.44	8.53	13.4	81.257	0.00	-0.10	21.0	2.90
15	2.0	458.0	568.0	0.344	0.369	48.77	147980	337.1	8890	7.10	-31.28	17.89	400	13.87	8.20	11.1	78.7708	0.00	-0.09	182.0	3.04
12	1.5	452.0	478.0	0.293	0.297	48.75	171315	290.4	8400	7.08	-28.35	17.57	400	15.61	8.05	17.2	77.4483	0.00	-0.09	22.5	3.07
3	1.5	450.0	477.0	0.298	0.288	48.52	173452	285.3	8300	7.08	-30.47	17.53	400	15.74	8.14	18.4	78.9871	0.00	-0.11	22.5	2.98
22	2.0	450.0	555.0	0.334	0.387	48.44	148832	337.2	8580	7.07	-31.08	17.48	400	13.30	5.19	10.5	77.8071	0.00	-0.10	163.5	3.02
7	1.5	450.0	488.0	0.312	0.327	48.32	158258	311.8	8050	7.13	-31.61	17.30	400	14.38	6.55	7.7	77.2553	0.00	-0.09	22.0	3.05
18	2.0	458.0	580.0	0.341	0.382	48.27	143978	342.2	9100	7.10	-30.22	17.35	400	13.24	6.07	16.8	78.3432	0.00	-0.09	167.0	2.98
2	1.5	450.0	477.0	0.293	0.294	48.68	167337	291.7	8300	7.17	-29.83	17.05	400	19.20	5.85	16.7	78.6898	0.00	-0.10	21.0	2.92
11	1.5	454.0	478.0	0.298	0.298	48.68	168392	292.7	8380	7.20	-30.54	18.89	400	15.22	5.77	16.0	78.57	0.00	-0.10	22.0	3.15
6	1.5	452.0	475.0	0.287	0.282	48.05	170785	281.3	8100	7.16	-29.61	18.78	400	18.59	5.98	20.9	78.9074	0.00	-0.10	21.0	3.00
21	2.0	452.0	553.0	0.332	0.364	47.76	143678	332.4	8850	7.13	-30.37	18.74	400	13.08	6.04	9.2	78.1287	0.00	-0.10	186.0	3.02
9	1.5	454.0	480.0	0.295	0.302	47.52	168617	298.5	8100	7.09	-33.82	18.53	400	14.57	5.29	15.8	78.7938	0.00	-0.10	23.5	3.02
1	1.5	452.0	479.0	0.298	0.302	47.17	160264	294.3	7800	7.08	-31.58	18.71	400	14.94	5.88	14.7	78.081	0.00	-0.09	22.5	2.95
5	1.5	452.0	478.0	0.298	0.298	45.11	158487	284.3	7800	7.08	-33.18	18.54	400	14.53	5.38	13.9	77.9083	0.00	-0.10	22.5	3.50
19	2.0	452.0	587.0	0.338	0.382	45.35	148867	341.3	8550	7.12	-32.55	18.85	400	13.11	5.29	10.1	78.2883	0.00	-0.23	185.8	3.28

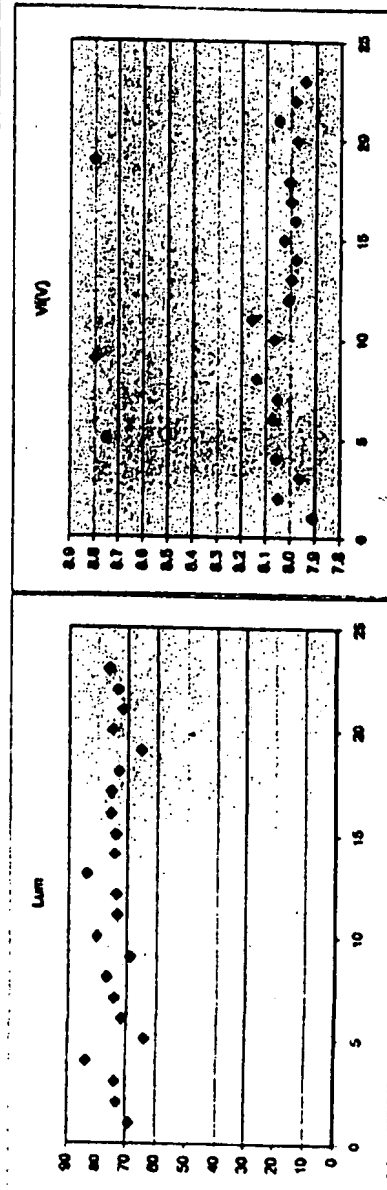
Ave of																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



2x2 Array on Submounts Encapsulated

Device#	Ref#	Id	x	y	Lum	Flux	Lum/W	CCT	V(V)	Vr(V)	Lum/W	I(mA)	QE	W.P.(%)	Purity	CRI	log-SV	log-10V	FWHM	Rp
13	1.5	452.0	478.0	0.295	0.288	84.06	287352	292.5	8050	8.03	30.77	15.01	700	14.98	5.13	18.0	0.00	-0.30	24.0	2.65
4	1.5	452.0	478.0	0.295	0.304	84.02	285232	294.6	7800	8.06	-28.82	14.89	700	14.85	5.06	14.1	0.00	-0.10	23.0	2.70
10	1.5	458.0	482.0	0.296	0.306	80.42	272918	284.7	7800	8.07	-31.97	14.24	700	14.34	4.83	15.2	0.00	-0.10	24.5	2.71
6	1.5	450.0	477.0	0.292	0.293	76.74	260731	267.7	8000	8.14	-31.15	13.48	700	13.63	4.68	17.5	0.00	-0.10	22.0	2.74
23	2.0	454.0	561.0	0.343	0.384	76.33	220381	348.4	5100	7.85	-15.50	13.72	700	11.53	3.58	18.0	0.00	-0.73	184.0	2.64
16	2.0	454.0	547.0	0.328	0.381	76.60	227302	332.8	5950	7.88	-31.58	13.53	700	11.89	4.07	7.3	0.00	-0.10	164.0	2.67
17	2.0	457.0	564.0	0.350	0.405	75.48	215108	350.8	6100	8.08	-24.52	13.47	700	11.33	3.84	28.9	0.00	-0.11	183.0	2.60
20	2.0	456.0	559.0	0.338	0.380	75.18	218823	341.8	5100	7.86	-30.97	13.46	700	11.55	3.84	15.8	0.00	-0.11	174.0	2.63
14	1.5	458.0	483.0	0.297	0.310	74.36	251355	285.8	7800	7.98	-30.45	13.31	700	13.28	4.50	14.4	0.00	-0.11	23.5	2.58
7	1.5	450.0	488.0	0.310	0.324	74.35	240842	308.8	6800	8.08	-31.64	13.18	700	13.48	4.27	8.8	0.00	-0.10	23.5	2.71
15	2.0	454.0	552.0	0.332	0.368	73.91	221316	333.9	5650	8.03	-31.28	13.15	700	11.88	3.94	8.3	0.00	-0.10	187.0	2.72
3	1.5	452.0	475.0	0.288	0.284	73.84	281448	282.4	8200	7.97	-30.37	13.24	700	13.81	4.89	20.2	0.00	-0.17	24.0	2.64
12	1.5	452.0	478.0	0.290	0.294	73.66	288448	287.2	8000	8.01	-28.16	13.13	700	13.35	4.57	18.1	0.00	-0.10	24.0	2.71
22	0.0	450.0	554.0	0.333	0.384	73.53	218882	334.4	5350	7.98	-31.83	13.15	700	11.40	3.83	9.2	0.00	-0.10	187.5	2.68
11	1.5	452.0	477.0	0.296	0.287	73.27	252810	288.8	8180	8.16	-30.50	12.83	700	13.16	4.43	18.1	0.00	-0.10	23.0	2.80
2	1.5	452.0	476.0	0.292	0.293	73.21	253759	288.9	8000	8.05	-29.34	12.88	700	13.21	4.50	17.8	0.00	-0.11	23.5	2.57
18	2.0	456.0	558.0	0.337	0.381	73.05	218080	338.7	5175	8.01	-30.13	13.04	700	11.30	3.84	18.5	0.00	-0.10	172.5	2.83
6	1.5	452.0	474.0	0.284	0.278	71.73	257410	278.7	10000	8.07	-28.74	12.69	700	13.40	4.55	22.4	0.00	-0.10	22.5	2.85
21	2.0	452.0	538.0	0.327	0.367	71.68	217401	328.8	6800	8.08	-30.38	12.71	700	11.32	3.88	8.4	0.00	-0.11	181.5	2.68
1	1.5	452.0	478.0	0.295	0.298	68.04	237520	290.7	6150	7.91	-31.50	12.46	700	12.37	4.29	18.1	0.00	-0.10	25.0	2.41
9	1.5	454.0	479.0	0.298	0.300	68.94	238380	293.8	6150	8.00	-30.81	12.41	700	12.38	4.35	18.0	0.00	-0.10	28.0	3.64
18	2.0	452.0	560.0	0.337	0.371	68.71	238380	293.8	6150	8.00	-30.81	12.41	700	12.38	4.35	18.0	0.00	-0.10	28.0	3.64
5	1.5	458.0	477.0	0.296	0.298	68.71	238380	293.8	6150	8.00	-30.81	12.41	700	12.38	4.35	18.0	0.00	-0.10	28.0	3.64

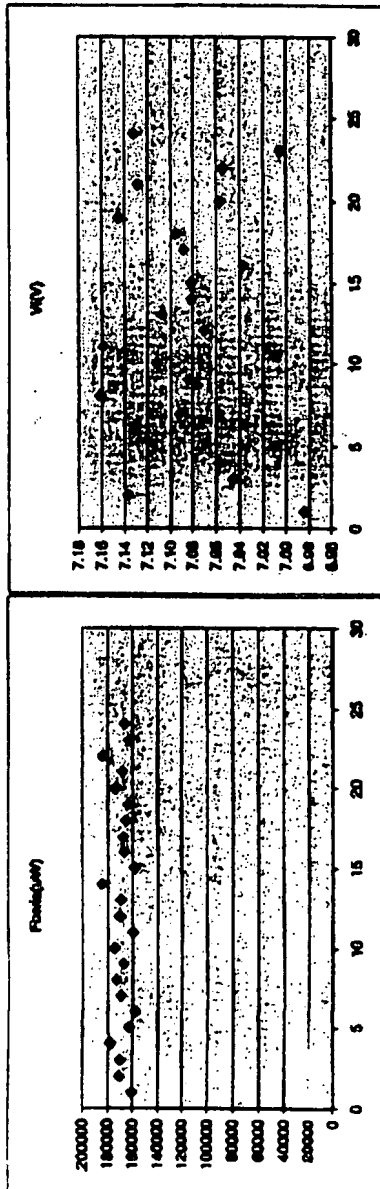
Ave of 1.5%																				
Top 9:	2	452.7	479.6	0.298	0.301	77.19	263915	292.8	8133	8.05	-28.09	13.70	700	13.78	4.68	15.6	0.00	-0.13	23.7	2.70
Std Dev:	0	2.8	3.5	0.009	0.012	4.47	15688	7.4	748	0.07	3.53	0.81	0	0.82	0.28	3.3	0.00	0.07	1.0	0.08



2x2 Array on Submounts

Unencapsulated

Devices	PdFrac(μW/lp	Id	x	y	Lum	Flux(μW)	Lum/In	CCT	VR(V)	Vr(V)	Lum/W	I(mA)	QE	W.P.(%)	Purity	CFI	In@-5V	In@-10V	FWHM	Rs	
1	0	454.0	458.0	0.149	0.034	7.58	180820	47.1	60000	6.98	-31.80	2.71	400	14.73	5.76	98.0	0	0.00	-0.09	21.0	2.40
2	0	452.0	459.0	0.147	0.028	7.53	171068	44.0	60000	7.14	-29.36	2.64	400	15.58	5.98	98.5	0	0.00	-0.09	19.5	2.91
3	0	453.0	457.0	0.152	0.033	7.79	170004	45.6	60000	7.05	-30.76	2.76	400	15.53	6.03	97.8	0	0.00	-0.10	20.5	2.94
4	0	454.0	456.0	0.146	0.034	8.32	178472	48.6	60000	7.06	-32.34	2.85	400	16.34	6.32	98.1	0	0.00	-0.09	20.5	3.02
5	0	454.0	461.0	0.142	0.032	7.70	162588	47.3	60000	7.01	-31.71	2.75	400	14.89	6.80	96.8	0	0.00	-0.09	20.0	2.26
6	0	452.0	458.0	0.146	0.031	6.97	157868	44.2	60000	7.15	-29.82	2.44	400	14.39	6.53	94.8	0	0.00	-0.10	18.0	2.86
7	0	453.0	457.0	0.153	0.033	7.72	169563	46.5	60000	7.09	-31.79	2.72	400	15.50	5.98	97.5	0	0.00	-0.09	20.0	2.97
8	0	452.0	457.0	0.150	0.030	7.65	173459	44.1	60000	7.16	-31.39	2.67	400	15.81	6.05	96.5	0	0.00	-0.09	19.0	3.07
9	0	456.0	460.0	0.146	0.037	8.18	187382	48.9	60000	7.08	-31.08	2.89	400	15.39	5.91	97.7	0	0.00	-0.09	20.5	3.01
10	0	456.0	461.0	0.147	0.039	8.86	174414	50.8	60000	7.11	-32.06	3.11	400	18.05	6.13	97.8	0	0.00	-0.09	19.5	3.10
11	0	454.0	459.0	0.148	0.034	7.49	159773	48.9	60000	7.16	-30.80	2.62	400	14.82	5.58	98.4	0	0.00	-0.09	20.0	3.10
12	0	453.0	459.0	0.150	0.032	7.70	170428	45.2	60000	7.07	-30.82	2.72	400	15.57	6.05	98.5	0	0.00	-0.25	20.0	2.99
13	0	454.0	458.0	0.149	0.033	7.85	189418	48.4	60000	7.11	-28.08	2.78	400	15.51	5.96	98.3	0	0.00	-0.09	20.0	3.05
14	0	457.0	462.0	0.146	0.040	9.51	194513	51.5	60000	7.08	-30.57	3.38	400	17.01	6.52	97.7	0	0.00	-0.09	20.0	2.91
15	0	455.0	461.0	0.145	0.034	7.70	158505	48.6	60000	7.08	-31.58	2.72	400	14.54	5.80	99.2	0	0.00	-0.09	20.5	3.06
16	0	456.0	462.0	0.140	0.031	7.97	167211	47.7	60000	7.04	-31.77	2.63	400	15.37	5.94	100.5	0	0.00	-0.10	20.5	3.03
17	0	458.0	462.0	0.146	0.040	8.82	167912	52.5	60000	7.06	-27.71	3.11	400	15.50	5.92	97.6	0	0.00	-0.09	20.0	2.88
18	0	456.0	462.0	0.141	0.036	8.27	165454	50.0	60000	7.10	-30.52	2.91	400	15.21	5.83	99.5	0	0.00	-0.09	20.5	2.99
19	0	452.0	458.0	0.149	0.031	7.52	168898	44.7	60000	7.18	-21.35	2.56	400	14.94	5.74	98.8	0	-0.01	-0.39	19.5	3.01
20	0	456.0	461.0	0.147	0.037	8.65	173464	48.9	60000	7.06	-31.43	3.07	400	15.95	6.15	97.9	0	0.00	-0.09	20.5	2.91
21	0	454.0	459.0	0.147	0.031	7.80	168258	45.2	60000	7.13	-30.64	2.67	400	15.40	5.90	98.2	0	0.00	-0.09	19.5	3.02
22	0	452.0	458.0	0.151	0.033	8.37	184275	46.4	60000	7.05	-31.23	2.97	400	16.79	6.53	98.0	0	0.00	-0.10	19.5	3.02
23	0	458.0	461.0	0.144	0.034	7.92	162863	48.6	60000	7.01	-16.46	2.82	400	14.98	5.82	98.2	0	-0.01	-0.68	21.0	2.96
24	0	458.0	462.0	0.143	0.037	8.37	168702	50.2	60000	7.13	-26.30	2.98	400	15.33	5.94	98.9	0	0.00	-0.16	20.0	2.98



2x2 Array on Submount

Unrepsa/700 mA

Device#	RefPart(uV to	Id	x	y	Lum	Footcandle(uV)	Lum/W	CCT	V(V)	Vr(V)	Lum/W	M(W)	CE	W.P.(%)	Purity	CRI	Ir@-5V	Ir@-10V	FWHM	Ra	
1	0	456.0	460.0	0.149	0.037	11.10	226767	48.9	80000	7.82	-31.42	2.03	700	11.91	4.14	97.5	0	0.00	-0.10	23.0	2.38
2	0	452.0	458.0	0.148	0.030	11.79	264384	44.6	80000	8.02	-28.36	2.10	700	13.76	4.71	98.9	0	0.00	-0.11	20.5	2.61
3	0	452.0	460.0	0.145	0.031	11.41	247230	46.2	80000	7.94	-28.38	2.05	700	12.67	4.45	99.5	0	0.00	-0.11	21.5	2.67
4	0	455.0	460.0	0.146	0.034	12.12	267922	47.1	80000	7.96	-28.12	2.18	700	13.46	4.62	98.4	0	0.00	-0.10	21.5	2.73
5	0	456.0	462.0	0.144	0.036	11.20	225438	46.7	80000	7.98	-31.68	2.04	700	11.84	4.10	98.8	0	0.00	-0.10	22.5	2.69
6	0	452.0	456.0	0.154	0.032	11.69	262982	44.5	80000	8.04	-29.89	2.08	700	13.06	4.67	97.4	0	0.00	-0.10	20.5	2.69
7	0	452.0	458.0	0.150	0.032	10.84	228869	45.4	80000	8.01	-31.80	1.93	700	12.44	4.26	98.3	0	0.00	-0.10	21.0	2.68
8	0	453.0	458.0	0.149	0.031	11.16	261019	44.5	80000	8.10	-31.27	1.97	700	13.10	4.43	98.7	0	0.00	-0.10	20.5	2.74
9	0	458.0	462.0	0.143	0.035	12.19	247621	49.2	80000	8.00	-30.64	2.18	700	13.01	4.42	98.2	0	0.00	-0.11	21.5	2.72
10	0	458.0	460.0	0.149	0.039	13.51	289432	50.3	80000	8.05	-31.97	2.40	700	14.10	4.76	97.1	0	0.00	-0.10	20.5	2.75
11	0	453.0	458.0	0.151	0.035	11.68	246836	47.2	80000	8.11	-30.42	2.06	700	12.86	4.36	97.4	0	0.00	-0.10	21.0	2.78
12	0	453.0	460.0	0.146	0.030	12.43	273753	46.4	80000	8.00	-21.07	2.22	700	14.29	4.69	98.6	0	0.00	-0.28	21.5	2.69
13	0	454.0	460.0	0.147	0.032	11.85	261491	48.3	80000	8.04	-28.32	2.07	700	13.15	4.47	98.8	0	0.00	-0.10	20.5	2.72
14	0	458.0	463.0	0.141	0.036	14.63	281873	51.9	80000	7.98	-30.59	2.62	700	14.51	5.05	98.1	0	0.00	-0.10	21.0	2.82
15	0	455.0	460.0	0.146	0.034	11.80	243756	48.4	80000	8.01	-31.34	2.10	700	12.76	4.36	98.8	0	0.00	-0.10	21.0	2.70
16	0	468.0	461.0	0.140	0.032	11.94	248843	48.0	80000	7.96	-31.63	2.14	700	13.07	4.47	100.3	0	0.00	-0.10	21.0	2.71
17	0	460.0	463.0	0.142	0.041	13.20	246801	53.5	80000	7.98	-26.31	2.38	700	13.08	4.42	98.2	0	0.00	-0.10	21.5	2.59
18	0	456.0	461.0	0.143	0.036	12.52	246979	50.1	80000	8.01	-30.44	2.23	700	13.13	4.46	98.9	0	0.00	-0.10	21.0	2.67
19	0	452.0	457.0	0.151	0.032	12.35	274656	44.6	80000	8.06	-30.34	2.17	700	14.32	4.57	98.1	0	-0.01	-0.46	19.5	2.68
20	0	458.0	460.0	0.147	0.038	13.06	259182	50.4	80000	7.96	-31.18	2.35	700	13.68	4.66	97.7	0	0.00	-0.10	21.0	2.64
21	0	454.0	460.0	0.146	0.030	12.10	268094	45.1	80000	8.05	-30.41	2.15	700	14.82	4.76	98.6	0	0.00	-0.10	20.5	2.70
22	0	452.0	457.0	0.151	0.033	12.37	270633	45.7	80000	7.97	-30.66	2.22	700	14.09	4.85	97.8	0	0.00	-0.10	21.0	2.72
23	0	456.0	460.0	0.146	0.036	12.13	246839	49.2	80000	7.91	-16.26	2.19	700	12.86	4.46	98.5	0	-0.01	-0.86	22.0	2.66
24	0	458.0	461.0	0.146	0.037	12.63	247615	50.6	80000	8.04	-28.29	2.23	700	13.06	4.46	98.4	0	0.00	-0.17	21.0	2.67

